

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
14. Dezember 2000 (14.12.2000)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 00/76268 A2

(51) Internationale Patentklassifikation?: H04R 5/00

GMBH [DE/DE]; Gebbertstrasse 125, D-91058 Erlangen (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP00/04648

(72) Erfinder; und

(22) Internationales Anmeldedatum:
22. Mai 2000 (22.05.2000)

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): KNAPP, Benno [DE/DE]; Reinschartenweg 8a, D-91056 Erlangen (DE).
RITTER, Hartmut [DE/DE]; Marloffsteiner Strasse 5, D-91077 Neunkirchen am Brand (DE).

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(74) Anwalt: ZEDLITZ, Peter; Postfach 22 13 17, D-80503 München (DE).

(30) Angaben zur Priorität:
199 25 392.7 2. Juni 1999 (02.06.1999) DE

(81) Bestimmungsstaat (national): US.

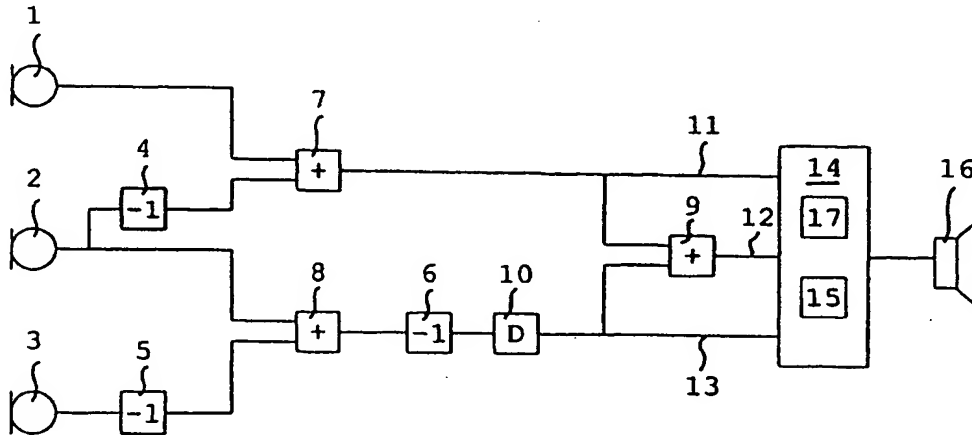
(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): SIEMENS AUDIOLOGISCHE TECHNIK

(84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE).

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: HEARING AID DEVICE, COMPRISING A DIRECTIONAL MICROPHONE SYSTEM AND A METHOD FOR OPERATING A HEARING AID DEVICE

(54) Bezeichnung: HÖRHILFSGERÄT MIT RICHTMIKROFONSYSTEM SOWIE VERFAHREN ZUM BETRIEB EINES HÖRHILFSGERÄTS



(57) Abstract: The invention relates to a hearing aid device, comprising a signal processing unit (14) and at least two microphones (1, 2, 3) which can be coupled together to form directional microphone systems of a different order, whereby microphone signals (11, 12, 13) transmitted by directional microphone systems of a different order can be coupled together according to the weighting of the frequency of the microphone signals. The invention also relates to a method for operating a hearing aid device of this type.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Hörhilfsgerät mit einer Signalverarbeitungseinheit (14) und mindestens zwei Mikrofonen (1, 2, 3), die zur Bildung von Richtmikrofonsystemen unterschiedlicher Ordnung miteinander verschaltbar sind, wobei von Richtmikrofonsystemen unterschiedlicher Ordnung ausgehende Mikrofonensignale (11, 12, 13) in von der Frequenz der Mikrofonensignale abhängiger Gewichtung miteinander verschaltbar sind. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb eines derartigen Hörhilfsgeräts.

WO 00/76268 A2



Veröffentlicht:

— Ohne internationalen Recherchenbericht und erneut zu veröffentlichen nach Erhalt des Berichts.

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes, und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

Beschreibung

Hörhilfsgerät mit Richtmikrofonsystem sowie Verfahren zum Betrieb eines Hörhilfegeräts

5

Die Erfindung betrifft ein Hörhilfsgerät mit den Merkmalen des Oberbegriffs des Patentanspruchs 1. Ferner betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Betrieb eines Hörhilfsgeräts.

- 10 Als Stand der Technik sind Hörhilfsgeräte mit mindestens zwei Mikrofonen zur Erzielung von Richtmikrofoncharakteristiken erster oder höherer Ordnung bekannt. Bei Verwendung von Richtmikrofonsystemen zweiter oder höherer Ordnung tritt in einzelnen Frequenzbereichen des Eingangssignals eine uner-
- 15 wünschte Absenkung des Directivity-Index (Richtwirkungsindex) auf.

- Bei Hörhilfsgeräten ist insbesondere der Frequenzbereich von 100 Hz bis 6 kHz für die Verbesserung des Hörvermögens inte-
- 20 ressant. Bei Richtmikrofonsystemen erster Ordnung erhält man über diesen Frequenzbereich einen in Richtung höheren Frequenzen leicht fallenden Richtwirkungsindex. Für tiefere Frequenzen, beispielsweise bis 1 kHz, erhält man DI-Werte von etwa 5 dB. Richtmikrofonsysteme n-ter Ordnung mit $n > 1$ haben
- 25 jedoch wegen der hohen Empfindlichkeit gegenüber Bauteiltoleranzen bei tiefen Frequenzen einen negativen Richtwirkungsindex. Dafür sind aber für Frequenzen von 1 kHz bis 5 kHz DI-Werte von 7 dB und mehr erreichbar. Um auch für tiefe Frequenzen höhere DI-Werte erreichen zu können, sind enge Bauteiltoleranzen (z.B. Phasendifferenz der beteiligten Mikro-
- 30 fone $< 0,25^\circ$) einzuhalten, die bestenfalls mit Silizium-Mikrofonarrays erreicht werden können. Diese haben aber bei der für Hörgeräte verwendeten Versorgungsspannung ($< 1V$) noch ein zu großes Signal-zu-Rausch-Verhältnis, wodurch der Einsatz
- 35 dieser Arrays aktuell noch nicht sinnvoll ist.

Aus der US 5,757,933 ist ein Hörhilfsgerät bekannt, bei dem manuell zwischen einem Mikrofon nullter Ordnung (Mikrofon ohne Richtwirkung) und einem Mikrofonssystem erster Ordnung umgeschaltet werden kann. Die Umschaltung erfolgt dabei durch
5 den Hörgeräteträger.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Hörhilfsgerät sowie ein Verfahren zum Betrieb eines Hörhilfsgeräts anzubieten, bei dem ein hoher Directivity-Index über einen großen
10 Frequenzbereich des Eingangssignals erreicht wird.

Die Aufgabe wird für das Hörhilfsgerät durch die Merkmale des Patentanspruchs 1 gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen werden in den Ansprüchen 2 - 9 realisiert. Für das Verfahren
15 wird die Aufgabe durch die Merkmale des Patentanspruchs 10 gelöst.

Das erfindungsgemäße Hörhilfsgerät umfasst mindestens zwei Mikrofone, um Richtmikrofonssysteme nullter, erster oder höherer Ordnung realisieren zu können. Als Richtmikrofonssystem nullter Ordnung im Sinne der Erfindung ist dabei ein Mikrofonssystem ohne Richtwirkung zu verstehen, beispielsweise ein nicht mit weiteren Mikrofonen verschaltetes omnidirektionales Mikrofon. Mit Richtmikrofonssystemen erster Ordnung ist ein
20 theoretisch erreichbarer Maximalwert des Directivity-Index (DI) von 6 dB (Hypneriere) zu erreichen. In der Praxis erhält man am KEMAR (einer Standard Forschungspuppe) bei optimaler Lage der Mikrofone und bestem Abgleich der von den Mikrofonen erzeugten Signale DI-Werte von 4 - 4,5 dB. Richtmikrofonssysteme zweiter und höherer Ordnung weisen DI-Werte von 10 dB
25 und mehr auf, die beispielsweise für eine bessere Sprachverständlichkeit vorteilhaft sind.

Enthält ein Hörhilfsgerät z.B. drei omnidirektionale Mikrofone, so können auf dieser Basis Richtmikrofonssysteme nullter bis zweiter Ordnung gebildet werden. Von diesen Richtmikrofonssystemen lassen sich somit gleichzeitig Mikrofonensignale
35

mit Richtcharakteristiken nullter bis zweiter Ordnung ableiten.

- Vorteilhaft werden gemäß der Erfindung die von Mikrofonssystemen unterschiedlicher Ordnung ausgehenden Mikrofonsignale in Abhängigkeit von der Frequenz unterschiedlich gewichtet und summiert. So wird beispielsweise bei einem Hörhilfsgerät mit Richtmikrofonsystemen erster und zweiter Ordnung bei niedrigen Frequenzen im Wesentlichen das Mikrofonsignal erster Ordnung und bei höheren Frequenzen das Mikrofonsignal zweiter Ordnung weiterverarbeitet. Die Gewichtung erfolgt vorzugsweise durch Filterelemente, wobei das Mikrofonsignal des Richtmikrofonsystems erster Ordnung einer Tiefpassfilterung und das Mikrofonsignal des Richtmikrofonsystems zweiter Ordnung einer Hochpassfilterung unterworfen wird. Allgemein wird bei tiefen Frequenzen im Wesentlichen das Mikrofonsignal des Richtmikrofons erster Ordnung und bei hohen Frequenzen das Mikrofonsignal des Richtmikrofonsystems n -ter Ordnung zur Weiterverarbeitung weitergeleitet, wobei n für die höchste auftretende Ordnung steht. Im mittleren Frequenzbereich werden vorzugsweise im Wesentlichen die Mikrofonsignale der Richtmikrofonsysteme zwischen der ersten und der höchsten auftretenden Ordnung weiterverarbeitet.
- Bei einer Ausführungsform der Erfindung sind die Grenzfrequenzen der den Richtmikrofonsystemen nachgeschalteten Filterelemente einstellbar. Durch die Festlegung der Grenzfrequenzen im hörbaren Frequenzbereich, beispielsweise bis 10 kHz, und die damit verbundene frequenzabhängige Auswahl von Richtmikrofonsystemen unterschiedlicher Ordnung lassen sich für das Gesamtsystem Richtwirkungseigenschaften erreichen, die herkömmlichen Hörhilfsgeräten, über den gesamten Frequenzbereich betrachtet, deutlich überlegen sind. Für jede Frequenz des Eingangssignals ist damit eine optimierte Richtwirkung erreichbar.

Moderne Hörhilfsgeräte erlauben die Einteilung des akustischen Eingangssignals in Kanäle. Dadurch wird unter anderem eine unterschiedliche Verstärkung einzelner Frequenzbereiche ermöglicht. Bei einer vorteilhaften Ausführungsform der Erfindung sind die Grenzfrequenzen der den Richtmikrofonsystemen nachgeschalteten Filterelemente an Kanalgrenzfrequenzen des Hörhilfsgeräts gekoppelt. Im einfachsten Fall bildet dabei jedes Richtmikrofonsystem einen Kanal. Die Filterelemente zur Gewichtung der Mikrofonsignale bewirken dann gleichzeitig die Kanaleinteilung, womit zusätzliche Filterelemente zur Kanaleinteilung entfallen können.

Neben einer einmaligen, beispielsweise bei der Anpassung des Hörhilfsgeräts erfolgten Einstellung der Grenzfrequenzen kann die Lage einzelner oder mehrerer Grenzfrequenzen auch situationsgerecht bestimmt und kontinuierlich überprüft und angepasst werden. Hierdurch erfolgt eine optimierte Anpassung an verschiedene Nutz-/Störschallsituationen. Die Analyse der Umgebungssituation erfolgt vorzugsweise mittels eines neuronalen Netzes und/oder einer Fuzzy-Logik-Steuerung.

Die Einstellung der Grenzfrequenzen sowie der gesamten Richtcharakteristik des Mikrofonsystems eines Hörhilfsgeräts gemäß der Erfindung kann auch in Abhängigkeit des eingestellten Hörprogramms unterschiedlich erfolgen. Dabei kann für einen bestimmten Frequenzbereich zumindest im Wesentlichen auch ein Mikrofonsignal nullter Ordnung (Mikrofonsignal ohne Richtwirkung) weiterverarbeitet werden.

Weitere Einzelheiten der Erfindung werden nachfolgend anhand der in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiele näher erläutert. Es zeigen:

Figur 1 ein Prinzip-Schaltbild zur Erzeugung und frequenzabhängigen Kombination von Richtmikrofonsystemen unterschiedlicher Ordnung,

Figur 2 ein schematisches Schaltbild eines Hörhilfsgeräts mit drei Mikrofonen sowie

Figur 3 einen frequenzspezifischen Verlauf des Directivity-
5 Index (DI).

Bei dem in Figur 1 dargestellten Prinzipschaltbild sind die Mikrofone eines Hörhilfsgeräts mit MIK1, MIK2,, MIK_m bezeichnet. Zur Bildung von Richtmikrofonsystemen unterschiedlicher Ordnung werden die Ausgangssignale der Mikrofone in
10 einer elektronischen Schaltung ES miteinander verschaltet. Die elektronische Schaltungsanordnung ES zur Bildung von Richtmikrofonsystemen kann dabei elektronische Komponenten, wie Verzögerungselemente, Summationselemente oder Inverter,
15 umfassen. Die so gebildeten Richtmikrofonsignale am Ausgang der elektronischen Schaltung ES werden als Richtmikrofonsignal nullter Ordnung RS₀, Richtmikrofonsignal erster Ordnung RS₁,, Richtmikrofonsignal n-ter Ordnung RS_n bezeichnet. Dabei können auch mehrere Richtmikrofonsignale derselben Ord-
20 nung gebildet werden. Bei dem Hörhilfsgerät gemäß der Erfindung unterscheiden sich jedoch wenigstens zwei Richtmikrofonsignale hinsichtlich ihrer Ordnung. Zur Weiterverarbeitung der Richtmikrofonsignale sind diese einer Filterbank FB zugeführt. Die Filterbank FB weist Filterelemente auf, zum Bei-
25 spiel Hochpass-, Tiefpass- oder Bandpassfilter. Die Richtmikrofonsignale werden mittels der Filterbank FB in Abhängigkeit ihrer Ordnung und ihrer Signalfrequenz unterschiedlich gedämpft. Dabei sind vorzugsweise die Grenzfrequenzen und Filterkoeffizienten der einzelnen Filterelemente ein-
30 stellbar. Die Ausgangssignale (AS₀, AS₁ ... AS_n) der Filterbank FB sind zur Bildung des Gesamtrichtmikrofonsignals GRS einem Summationselement S zugeführt.

Das dargestellte Prinzip-Schaltbild zur Verarbeitung der Mikrofon-
35 fonsignale eines Hörhilfsgeräts kann sowohl in digitaler als auch in analoger Schaltungstechnik ausgeführt werden. Zwischen den einzelnen Elementen können sich auch weitere

Komponenten, wie A/D-Wandler, D/A-Wandler, Schalter, Verstärker usw. (hier nicht dargestellt), befinden.

In der Regel wird die Schaltung so eingestellt sein, dass bis zu einer unteren Grenzfrequenz fgl, beispielsweise 1 kHz, wenigstens im Wesentlichen das Richtmikrofonsignal erster Ordnung weitergeleitet wird. Mit steigender Frequenz werden dem Richtmikrofonsignal erster Ordnung zunehmend Richtmikrofonsignale höherer Ordnung zugemischt und eventuell die Richtmikrofonsignale niedriger Ordnung sogar gedämpft.

So kann es sein, dass oberhalb einer bestimmten Grenzfrequenz fg2 am Ausgang des Summationselements S wenigstens im Wesentlichen nur noch das Richtmikrofonsignal mit der höchsten vorkommenden Ordnung weitergeleitet wird.

Figur 2 zeigt als Ausführungsbeispiel ein Hörhilfsgerät mit drei Mikrofonen 1, 2 und 3. In einer Signalleitung 11 liegt ein Signal eines Systems erster Ordnung mit der Richtmikrofoncharakteristik „unverzögerte Acht“ vor, wenn die Eingangssignale der Mikrofone 1, 2 nach Invertierung im Inverter 4 über das Summenelement 7 addiert werden.

In der Signalleitung 13 ist ein Signal mit der Richtmikrofoncharakteristik „verzögerte Acht“ eines Richtmikrofonssystems erster Ordnung vorhanden, wenn die Signale der Mikrofone 2 und 3 nach Invertierung des Signals des Mikrofons 3 im Inverter 5 im Summenelement 8 addiert und nachfolgend im Inverter 6 invertiert und im Verzögerungselement 10 verzögert werden.

Die Mikrofonpaare 1, 2 und 2, 3 bilden somit durch die dargestellte Verschaltung jeweils ein Richtmikrofonssystem erster Ordnung.

Die genannten Signale der Richtmikrofonssysteme erster Ordnung werden in einer Signalverarbeitungseinheit 14 (kanalspe-

zifisch) weiterverarbeitet und als Ausgangssignal dem Lautsprecher 16 zugeführt.

5 Das Schaltbild gemäß FIG 2 erlaubt durch geeignete Verschaltung aller drei Mikrofone auch eine Realisierung eines Richtmikrofonsystems zweiter Ordnung, indem die Signale der Signalleitungen 11, 13 im Summenelement 9 zur Signalleitung 12 vereint werden.

10 Die Signalverarbeitungseinheit 14 umfasst ein Filterelement 17 sowie ein Stellelement 15 zur Einstellung wenigstens einer Grenzfrequenz des Filterelements 17.

15 In Abhängigkeit einer im Stellelement 15 der Signalverarbeitungseinheit 14 eingestellten Grenzfrequenz f_g kann bei Signalfrequenzen $f < f_g$ durch die Signalverarbeitungseinheit 14 im Wesentlichen eine Weiterverarbeitung der Signale in den Signalleitungen 11 oder 13 erfolgen. Wenn die Signalfrequenz die Grenzfrequenz f_g überschreitet, erfolgt durch das Filterelement 17 im Wesentlichen die Weiterverarbeitung des Signals.
20 der Signalleitung 12, und damit eines Signals eines Richtmikrofonsystems zweiter Ordnung.

Hierfür sind die Signalleitungen 11 und 13 im Filterelement
25 17 mit Tiefpassfiltern verschaltet, während die Signalleitung 12 einem Hochpass zugeführt ist. Am Ausgang des Filterelements 17 werden die gefilterten Signale summiert (nicht dargestellt).

30 Damit wird auch bei Unterschreiten der Grenzfrequenz f_g ein Absinken des Directivity-Index (DI) vermieden. Es werden die vorteilhaften Verläufe des DI der Systeme erster und zweiter Ordnung über den gesamten Frequenzbereich kombiniert (vgl. FIG 3).

35

In der Signalverarbeitungseinheit 14 können neuronale Netze und Fuzzy-logic-Steuerungen vorhanden sein, um die jeweiligen

Grenzfrequenzen f_g situationsgerecht durch signalanalytische Beurteilung der Nutz-/Störschallsituation immer wieder festzulegen und gegebenenfalls kontinuierlich anzupassen.

5. FIG 3 zeigt die verschiedenen Verläufe des DI über den zu verarbeitenden Frequenzbereich. Um zu erreichen, dass die DI-Werte über den gesamten Frequenzbereich auf möglichst hohem Niveau verbleiben, wird bei der Signalverarbeitung bei Frequenzen unterhalb der Grenzfrequenz $f_g = 1000$ Hz im wesentlichen auf ein System erster Ordnung mit dem DI-Verlauf A zurückgegriffen.

Oberhalb der Grenzfrequenz $f_g = 1000$ Hz erfolgt im wesentlichen die Weiterleitung des Signals eines Richtmikrofonsystems zweiter Ordnung mit dem DI-Verlauf B, welcher höhere DI-Werte als das System erster Ordnung erreicht. Zum Vergleich ist der DI-Verlauf C einer normal hörenden Person ohne Zuhilfenahme technischer Hilfsmittel, simuliert am KEMAR, ebenfalls abgebildet.

- 20 Vorteilhafterweise entspricht die Grenzfrequenz $f_g = 1000$ Hz der Grenzfrequenz f_g eines Zwei-Kanal-Signalverarbeitungssystems, welches einen ersten Signalverarbeitungskanal für Signalfrequenzen bis zu 1000 Hz und einen zweiten Kanal für Frequenzen ab 1000 Hz aufweist.

Patentansprüche

1. Hörhilfsgerät mit einer Signalverarbeitungseinheit (14) und mindestens zwei Mikrofonen (1, 2, 3), die zur Bildung von
5 Richtmikrofonsystemen unterschiedlicher Ordnung miteinander verschaltbar sind, d a d u r c h g e k e n n z e i c h - n e t , dass von Richtmikrofonsystemen unterschiedlicher Ordnung ausgehende Mikrofonensignale (11, 12, 13) in von der Frequenz der Mikrofonensignale abhängiger Gewichtung miteinander verschaltbar sind.
10
2. Hörhilfsgerät nach Anspruch 1, d a d u r c h g e - k e n n z e i c h n e t , dass zur Gewichtung der Mikrofonensignale (1, 2, 3) Filterelemente (17) wie Hochpassfilter, Tiefpassfilter oder Bandpassfilter einsetzbar sind.
15
3. Hörhilfsgerät nach Anspruch 2, d a d u r c h g e - k e n n z e i c h n e t , dass die Grenzfrequenzen der Filterelemente (17) einstellbar sind.
20
4. Hörhilfsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 3, d a - d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass für Frequenzen der Mikrofonensignale (11, 12, 13) unterhalb einer Grenzfrequenz wenigstens im wesentlichen das vom Richtmikrofonensystem erster Ordnung erzeugte Mikrofonensignal (11) weiterverarbeitbar ist.
25
5. Hörhilfsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 4, d a - d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass für
30 Frequenzen der Mikrofonensignale oberhalb einer Grenzfrequenz wenigstens im wesentlichen das vom Richtmikrofonsystem höchster Ordnung erzeugte Mikrofonensignal (12) weiterverarbeitbar ist.
6. Hörhilfsgerät nach einem der Ansprüche 1 bis 5, d a - d u r c h g e k e n n z e i c h n e t , dass für
35 Frequenzen der Mikrofonensignale zwischen einer unteren und ei-

ner oberen Grenzfrequenz wenigstens im wesentlichen das vom Richtmikrofonsystem i-ter Ordnung erzeugte Mikrofonsignal weiterverarbeitet wird, wobei $1 < i < n$ gilt und n für die höchste Ordnung der Richtmikrofonsysteme des Hörhilfsgeräts steht.

7. Hörhilfsgerät nach einem der Ansprüche 3 bis 6, da -
durch gekennzeichnet, dass die
Grenzfrequenzen an Kanalfrequenzen des Hörhilfsgeräts gekop-
pelt sind.

8. Hörhilfsgerät nach Anspruch einem der Ansprüche 3 bis 7,
dadurch gekennzeichnet, dass ein
Detektorelement zur Ermittlung der Nutzschall-
/Störschallsituation zur Einstellung der Grenzfrequenzen vor-
gesehen ist.

9. Hörhilfsgerät nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass ein neuronales Netz oder
eine Fuzzy-logic-Steuerung zur Einstellung der Grenzfrequenz
vorgesehen ist.

10. Verfahren zum Betrieb eines Hörhilfsgeräts mit einer Signalverarbeitungseinheit (14) und mindestens zwei Mikrofonen
(1, 2, 3), wobei die Mikrofone zur Bildung von Richt-
mikrofonsystemen unterschiedlicher Ordnung miteinander ver-
schaltet werden und wobei die von Richtmikrofonsystemen un-
terschiedlicher Ordnung erzeugten Mikrofonsignale(11, 12, 13)
in von der Frequenz der Mikrofonsignale abhängiger Gewichtung
miteinander verschaltet werden.

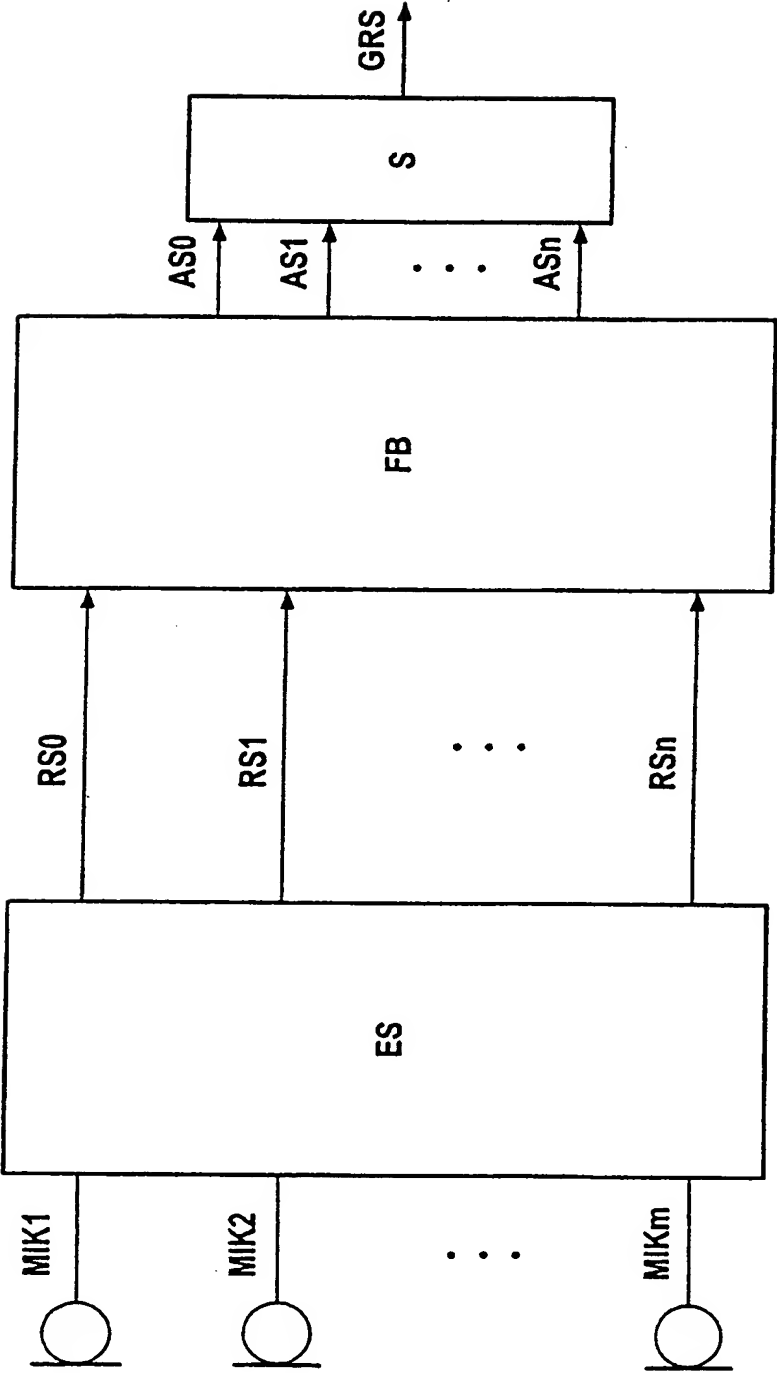


FIG 1

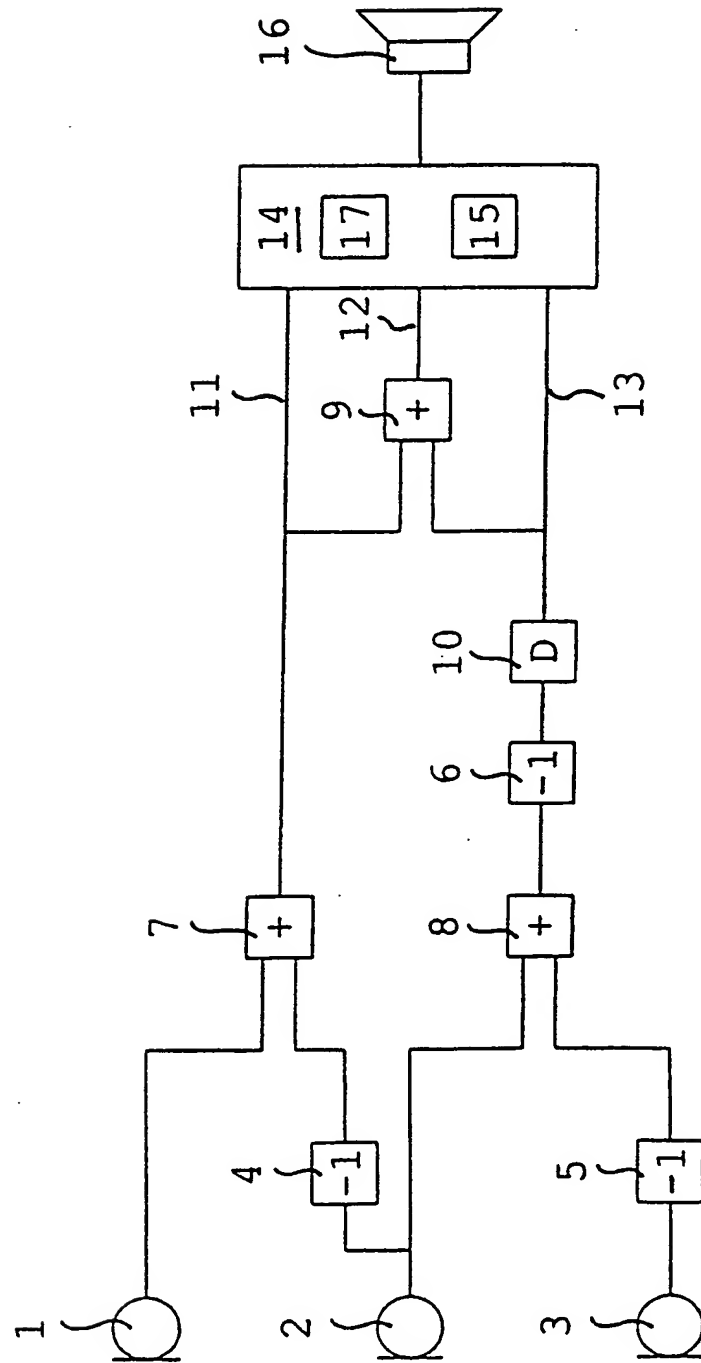


FIG 2

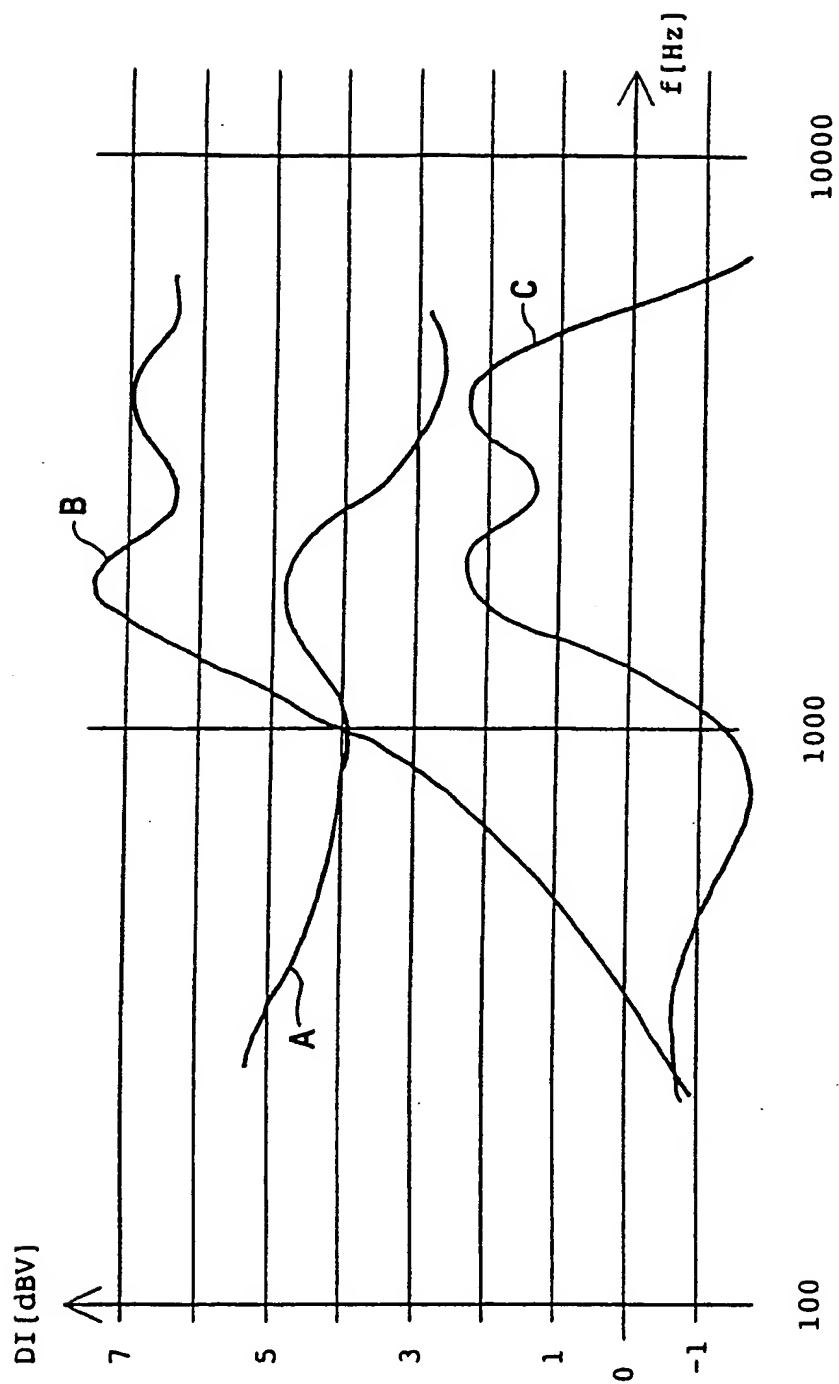


FIG 3